

# 广州南拓驱动的土地利用变化与城市蔓延遥感分析

柯锐鹏, 黎 夏, 乔纪刚, 梅志雄

(中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275)

**摘要:**伴随着广州市南拓战略的实施,广州市南部的番禺区和南沙区经济快速发展,该地区的土地利用发生了巨大的变化:多种土地发生剧烈变化,城市快速蔓延。利用遥感和GIS对广州市南部的土地利用变化及城市空间演变进行了分析。与其它区相比,该地区土地利用变化的数量特征和空间差异有更为显著的特点,反映了广州市南拓战略在该地区所产生的深刻影响,最后提出几点防止城市盲目蔓延的措施建议。

**关键词:**土地利用;城市蔓延;遥感;广州南拓

**中图分类号:**TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2009)04-0478-06

## 1 引言

土地利用/土地覆被(LUCC)是地球生物圈中最贴近人类的一层,与人类关系最为密切。土地利用/土地覆被变化是引起其它全球变化问题的主要原因,是全球化研究和区域研究中的重点问题之一<sup>[1]</sup>。在沿海经济发达地区,土地利用/土地覆被的改变往往引起一系列的自然环境变化,其中最为显著的就是城镇化,大规模的城镇化也就演变为城市蔓延<sup>[2]</sup>。番禺区和南沙区地处珠江三角洲中心,广州市的南部,2000年广州市开始实施包含南拓战略的城市总体战略规划,大力拓展了城市空间。随着经济的快速发展和人口的增加,该地区大量耕地被占用,城市建设和村镇发展用地急剧扩大,土地利用变化显著,同时也导致了城市的快速蔓延。城市蔓延现象被认为是国内外大部分城市普遍发生的一种空间扩张行为,但过快的城市蔓延会引发一系列的问题,如交通拥挤、绿化减少、配套设施匮乏等,已经引起许多学者的关注,因此必须将城市扩张速度控制在一个相对合理的范围<sup>[3,4]</sup>。本文利用遥感和GIS对广州市南部的土地利用变化及城市空间演变进行了分析,定量地探讨土地利用变化及城市蔓延的激烈程度,为制定相关的土地规划和土地政策提

供参考。

## 2 数据与方法

### 2.1 研究区域

研究区位于珠江口西岸,广州的南部,毗邻港澳。包括广州市辖下的番禺区和南沙区,面积约为1 314 km<sup>2</sup>,截至2007年底户籍人口约178.58万人(其中番禺区约148.58万人,南沙区约30万人)<sup>[5]</sup>。



图1 研究区位图

Fig. 1 Location of study area

### 2.2 研究数据

采用1994-11-10、1998-12-22和2006-12-1三景

同季节 Landsat5 TM 影像数据进行分析。并以 2007 年底完成的番禺区土地利用现状调查成果为地物分类验证数据,进行局部精度检验。

2.3 技术流程

技术流程如图 2 所示。

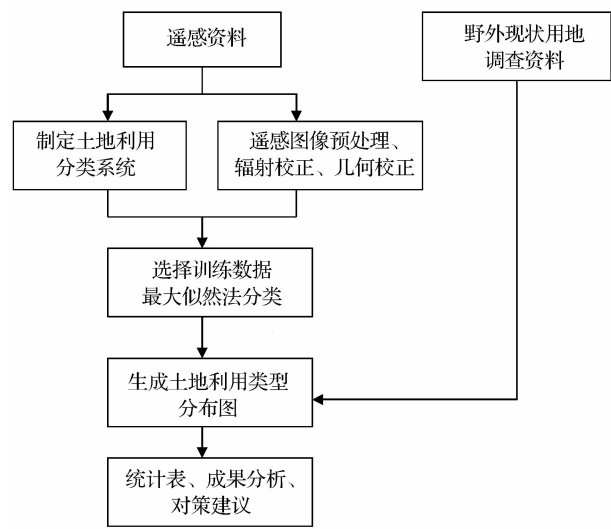


图 2 技术流程图  
Fig. 2 Technical flowchart

2.4 数据预处理

在进行遥感影像分类前,需要对遥感数据进行预处理。数据预处理包括仪器定标、大气校正和几何纠正<sup>[6]</sup>。

仪器定标和大气校正属于辐射定标内容。仪器定标即对传感器进行校正,目的是消除由传感器灵敏度特征而引起的畸变,建立传感器每个探测值与该探测器对应的实际地物辐射亮度之间的关系。仪器定标是大气校正的前提<sup>[7]</sup>。

Landsat5 预先测出了各波段的辐亮度值  $L_a$  和记录值  $DN_i$  之间的校正增量系数  $gain_i$  和校正偏差量  $offset_i$ 。它们之间一般呈线性关系:

$$L_a = DN_i \times gain_i + offset_i \tag{1}$$

其中:定标系数  $gain$  和  $offset$  可以从头文件中读取。在实际的应用分析中,往往将辐亮度值归一转化成卫星所观测到的行星反射率(未经过大气校正的反射率),假设天空辐照度各向同性且地面是朗伯体反射,则行星反射率  $R_a$  可以用下式表示:

$$R_a = \frac{\pi L_a}{E_0(\lambda) * \cos\theta_z * W(\lambda)}$$
$$= \frac{\pi(DN_i * gain_i + offset_i)}{E_0(\lambda) * \cos\theta_z * W(\lambda)} \tag{2}$$

其中: $L_a$  为波段平均单位光谱辐亮度。 $E_0(\lambda)$  为大气层外相应波长的太阳光谱辐照度, $W(\lambda)$  为各波段

的波段宽度, $\theta_z$  为太阳高度角;有关参数见表 1。

表 1 Landsat5 TM 影像各波段的太阳光谱辐照度  $E_0(\lambda)$  及波宽度  $W_i(\lambda)$

Table 1 The solar spectrum irradiance  $E_0(\lambda)$  and wavelength  $W_i(\lambda)$  of Landsat5 TM spectrum

TM	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
$E_0(\lambda)(w \cdot m^{-2} \mu m^{-1})$	1 954	1 826	1 558	1 047	217.2	80.29
$W(\lambda)(\mu m)$	0.07	0.08	0.06	0.14	0.2	0.29

从最早的陆地卫星图像起,最普遍使用的大气校正方法是假设大气向下的散射率为 0,利用以下公式来校正:

$$L_g(x,y) = \frac{L(x,y) - L_p}{t_{ib}} \tag{3}$$

其中: $L_g(x,y)$  是校正后的地物辐射值; $L(x,y)$  是经过传感器校准的辐射值; $L_p$  是需要估计的大气程辐射值; $t_{ib}$  是从大气物理模型中估算的透过率,其值如表 2。用暗目标减法(DOS 法)估算  $L_p$ <sup>[8,9]</sup>,在设大气程透过率为 1 的前提下,用图像上的“黑物体”的平均亮度值代替  $L_p$ 。

表 2 Landsat5 TM 影像的各波段透过率  $t_{ib}$   
Table 2 The transmissivity  $t_{ib}$  of Landsat5 TM spectrum

TM	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
透过率 $t_{ib}$	0.84780	0.91200	0.95375	0.98146	0.99885	0.99966

最后,以 2007 年底的土地利用调查图为地图,利用 ENVI4.1 软件的 MAP 模块下 Registration,对研究区 1994 年、1998 年、2006 年 3 个时段的 TM 卫星遥感数据进行图像对图像(Image to Image)的几何校正,纠正到同一坐标系(本例中为北京坐标系)。选取几何校正控制点(Geometric correction point,GCP)约 30 个,地面误差控制在一个像元(30 m)以内。

2.5 地物分类

研究区内大部分为冲积平原,少量的低丘和山地,河网纵横。根据研究区土地利用特点,并结合土地利用三级分类标准,将本研究区的用地类型分为城镇用地、耕地、绿地、水域、裸地和其它未利用土地 5 种类型,其中耕地包括传统的水旱耕作地和各类园地,绿地包括天然林地和成片城市绿化用地。另外,最大似然法分类是遥感影像分类最常用手段之一,它基于对训练样本的 RGB(或各波段地物的反射率)的统计,根据最大似然原则对影像进行监督分类,具有

清晰的参数解释能力、易于与先验知识融合及算法简单而易于实施等优点,因此本文在对遥感影像分类时采用最大似然法。应用 ENVI4.1 的 Classification ->

Supervised ->Maximum Likelihood,先选取训练区进行训练,然后进行最大似然法自动分类,提取相关土地利用时空变化信息(见图 3、图 4)。

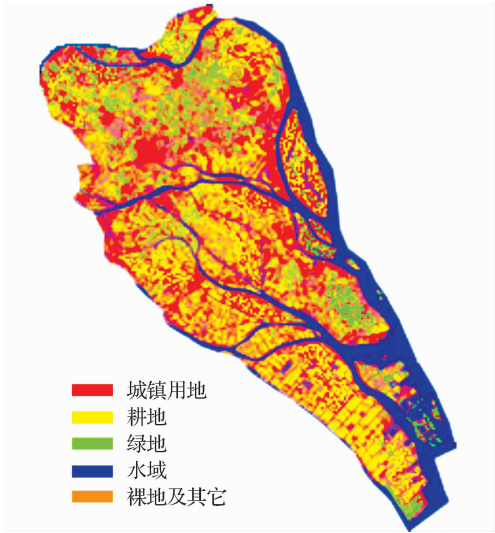


图 3 1994 年土地利用分类图

Fig. 3 The landuse classification map in 1994

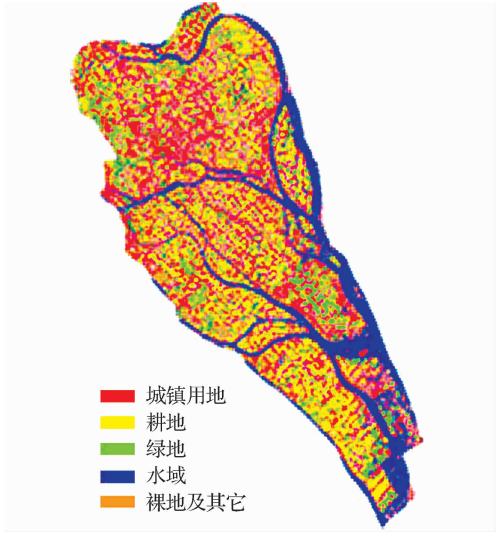


图 4 2006 年土地利用分类图

Fig. 4 The landuse classification map in 2006

2.6 变化信息提取与分析

分别计算 1994~1998 年和 1998~2006 年土地利用转移矩阵(见表 3、表 4),以观察这两个时段土地

地类型的变化情况。  
由表 3、表 4 可知,1994 年广州南部的番禺区和南沙区土地利用类型以耕地和水域为主,二者占总

表 3 1994~1998 年土地利用类型转移矩阵

Table 3 Landuse changing matrix from 1994 to 1998

1998 年	1994 年					
	城镇用地	耕地	绿地	水域	裸地及其它	合计
城镇用地	254 651	80 735	34 570	675	37 196	407 827
耕地	67	1 205 249	1 557	7 909	4 115	1 218 897
绿地	940	56 457	167 525	2 754	81 390	309 066
水域	0	516	113	1 110 550	6 645	1 117 824
裸地及其它	0	10 358	4 938	574	129 899	145 769
合计	255 658	1 353 315	208 703	1 122 462	259 245	3 199 383

注:表中数据为像元数。

表 4 1998~2006 年土地利用类型转移矩阵

Table 4 Landuse changing matrix from 1998 to 2006

2006 年	1998 年					
	城镇用地	耕地	绿地	水域	裸地及其它	合计
城镇用地	403 202	236 499	247	298	42 682	682 928
耕地	0	1 032 851	1 385	369	4580	1 088 685
绿地	4 530	10 051	307 043	2921	58 113	382 658
水域	0	826	391	1 113 445	0	1 114 662
裸地及其它	95	28 670	0	791	40 394	69 950
合计	407 827	1 218 897	309 066	1 117 824	145 769	3 199 383

注:表中数据为像元数。

土地面积的 77.4%。1994~2006 年,耕地、水域、裸地与其它用地为净减少地类,它们占土地总面积的比重分别减少了 8.27%、0.24%和 5.92%;城镇用地和绿地为净增加的地类,其比重分别增加了 13.35%和 5.44%,其中城镇用地面积 2006 年比 1994 年增长达 2.67 倍。这主要由于广州南部地区在这 12 a 来经济飞速发展、人口压力增长(据统计,广州市常住户口从 1994 年的 637.02 万人增加到 2006 年的 1 004.58 万人,而番禺地区是外来人口比较集中的地方)和城市化进程加快(广州“南拓”,使番禺区和南沙区充满发展的机遇),大量的耕地、裸地、水域和其它未利用土地转化为建设用地<sup>[10,11]</sup>;同时政府比以往更注重环境的绿化,使得绿地面积也有所增加。

2.7 分类结果验证

以 2007 年番禺土地利用现状调查成果图为参考底图,采用局部精度评价方法对 2006 年分类结果进行了精度验证<sup>[12]</sup>,其总精度为 87.2%,Kappa 系数为 0.83。考虑到分类结果图与参考底图还有一年的时相差距,分类精度可以接受。当然,由于不同的影像根据实际情况会选择不同的训练区,训练区选择不同导致分类结果有差异;因此,最大似然法自动分类精度具有较强的主观性。为了改进分类的精度和客观性,可适当增加典型训练样本的个数和范围,并在传统最大似然分类法的基础上,将光谱特征与纹理特征结合在一起进行分类,这样比单纯运用光谱特征进行分类效果要好。

3 城市蔓延时空特征

(1) 1994 年广州南部番禺区和南沙区的城镇用地面积约为 90 km<sup>2</sup>,2006 年为 285.75 km<sup>2</sup>(见表 5、图 5),净增了 195.75 km<sup>2</sup>,年均增长率为 167%;其中主要城市用地面积增加了 98.9 km<sup>2</sup>,增加的城市面积占到了城镇面积增加量的 51%。番禺区、南沙区建成区分别增加了 130.58 km<sup>2</sup>、65.17 km<sup>2</sup>,说明城市扩张在广州南部地区城市化进程中依然起着主要作用。作为战略规划确定的城市空间发展策略的核心,以及广州由沿江城市转变为滨海城市的行动方略,“南拓”方案经过 8 a 的实施,如今自北向南已形成了以广州国际会展中心、广州国际生物岛、广州大学城、广州新城、南沙港区等为中心的城市发展区,其中城市建设初具规模的广州大学城城镇用地

表 5 广州全市与南部地区建成区面积变化比照表

Table 5 The comparison of urban area between the Guangzhou city and the southern Guangzhou

建成区(km <sup>2</sup> )	年份			
	1994	2000	2004	2006
广州市	约 220	430.70	649.67	758.19
南部地区	约 90	169.16	204.24	285.75

注:数据来自 2001、2005 和 2007 年《广州统计年鉴》,由于 1994 年暂无确切数据,以遥感解译数据为参考。

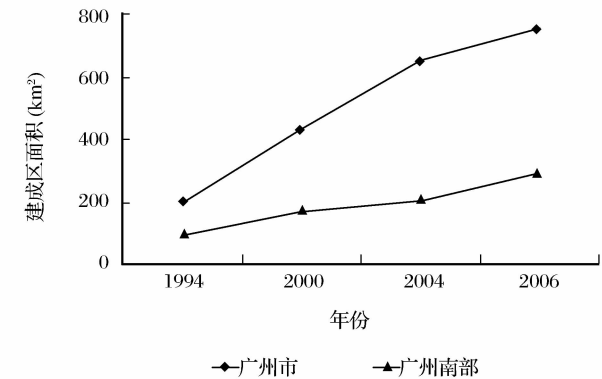


图 5 广州全市与南部地区建成区面积变化图

Fig. 5 The changing chart of town area between the Guangzhou city and the southern Guangzhou

达 43.3 km<sup>2</sup>。

(2) 1994~2006 年间,番禺区北部(沙湾水道以北)城镇面积净增了 87.56 km<sup>2</sup>,中部(上横沥水道与大岗水道南段之间)城镇用地增加 37.95 km<sup>2</sup>,南部城镇用地增加 49.84 km<sup>2</sup>,主要向北、向南扩张;其中北部扩张最明显(见图 6)。这与广州南部地区的发展定位刚好相符合,南部发展定位是:北部为城市调整完善区,包括新火车站、广州大学城和广州新城;中部为现代农业生态区;南部为临港经济发展区(见图 7)。

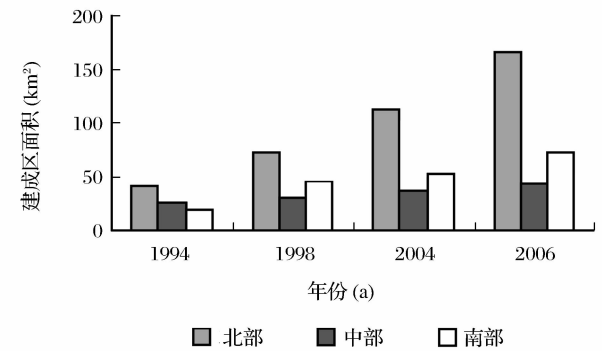


图 6 广州南部地区北、中、南部建成区增长图

Fig. 6 The changing chart of urban area in northern, middle and southern part of southern Guangzhou

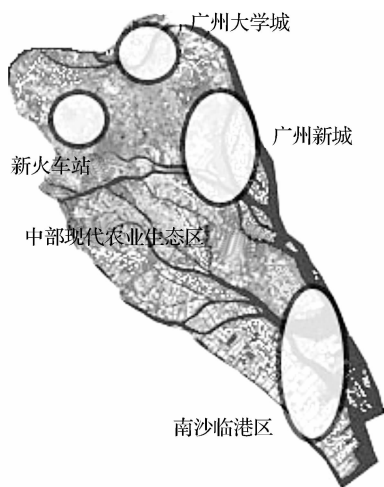


图 7 重点城镇发展区示意图

Fig. 7 The fastest developing area

## 4 结 语

1994~2006 年期间,广州南部地区各类土地利用类型发生了很大变化,其中耕地面积减少最多,城镇用地增加最大。广州南部地区各种土地利用类型面积的增减在空间上存在明显的区域差异,城镇用地的增加、耕地和裸地及其它用地面积的减少主要集中在北部和南部地区,水域的减少主要集中在南部沿海地区。其中类型转化量最大的是耕地和裸地转变为城镇用地。

为了防止城市的盲目蔓延,建议借鉴当前城市扩展主流思想——紧凑城市发展理念,即分散化的集中。所谓的“分散化的集中”指发展相互之间通过完善的公共有轨交通系统相联系易通达的城市中心群,并以这些城市中心为核心,高密度、高强度进行发展的城市空间组织形态<sup>[13,14]</sup>。可以采取的主要措施有:合理制定城市总体规划,严格控制城市发展规模;坚持集约节约用地,提高土地利用效率;构建城郊隔离绿廊,阻止城市连片蔓延;建立土地储备机制,合理掌控土地开发速度等。

## 参考文献:

[1] Hu Deyong, Li Jing, Chen Yunhao, *et al.* An Analysis of Urban Expansion and Its Dynamics Based on Multi-Temporal Landsat Data[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2006, (4): 46-49, 54. [胡德勇, 李京, 陈云浩, 等. 基于多时相 Landsat 数据的城市扩张及其驱动力分析[J]. 国土资源遥感, 2006, (4): 46-49, 54.]

[2] Liu Shifeng, Li Laizhi, Pan Jianjun, *et al.* The Land Use Change Based on the Technology of Remote Sensing with the

Urbanization in Pukou District, Nanjing City[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, (2): 166-172.]

[刘世峰, 李来芝, 潘剑君, 等. 基于遥感技术的城市化进程中南京浦口区的土地利用变化[J]. 遥感技术与应用, 2008, (2): 166-172.]

[3] Ouyang Tingping. Studies on the Environmental Impact Assessment of Urbanization Development in the Pearl River Delta[D]. Graduate University of CAS (Guangzhou Institute of Geochemistry), 2005. [欧阳婷萍. 珠江三角洲城市化发展的环境影响评价研究[D]. 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所), 2005.]

[4] Ma Jiping, Guan Zequn. Application of 3S Technology in the Research of Urban Thermal Environment[J]. Environmental Science & Technology, 1997, (2): 35-38. [马吉平, 关泽群. 3S 技术在城市热环境调查及分析中的应用[J]. 环境科学与技术, 1997, (2): 35-38.]

[5] <http://www.panyu.gov.cn/upload/resource/category/pygk/category1.jsp?currentEncode=010301>.

[6] Zhao Yingshi. Principle and Methods for Remote Sensing Applications[M]. Beijing: Science Press, 2003. [赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.]

[7] Ruan Jianwu, Xing Lixin. The Application of Atmospheric Radiation Correction on Remotely Sensed Digital Image[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2004, (3): 206-208. [阮建武, 邢立新. 遥感数字图像的大气辐射校正应用研究[J]. 遥感技术与应用, 2004, (3): 206-208.]

[8] Chen Lei, Deng Ruru. The Atmospheric Correction of TM Imagery Based on Ground Coupling——Taking the Pearl River Estuary as an Example[J]. Geography and Geo-Information Science, 2004, (2): 34-37. [陈蕾, 邓孺孺. 基于地面耦合的 TM 影像的大气校正——以珠江口为例[J]. 地理与地理信息科学, 2004, (2): 34-37.]

[9] Ji Zhixin, Deng Ruru. The Atmospheric Correction Method for Nonhomogeneous Atmosphere Based on Many Dark Objects[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2007, (2): 16-19, 30. [齐志新, 邓孺孺. 多暗像元大气校正方法[J]. 国土资源遥感, 2007, (2): 16-19, 30.]

[10] Li Xia, Anthony Gar-on Yeh. Application of Remote Sensing for Monitoring and Analysis of Urban Expansion a Case Study of Dongguan[J]. Geographical Research, 1997, (4): 57-62. [黎夏, 叶嘉安. 利用遥感监测和分析珠江三角洲的城市扩张过程——以东莞市为例[J]. 地理研究, 1997, (4): 57-62.]

[11] Li Xia. Integration of Remote Sensing and Gis for Monitoring and Evaluating Agricultural Land Loss——A Case Study of Dongguan[J]. Journal of Geographical Sciences, 1997, (3): 279-287. [黎夏. 利用遥感与 GIS 对农田损失的监测及定量评价方法——以东莞市为例[J]. 地理学报, 1997, (3): 279-287.]

[12] Lucas I F J, Frans J M, Wel V D. Accuracy Assessment of Satellite Serviced Land-cover Data; A Review[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410-432.

[13] Liu Guilu, RAN Youhua. Estimation and Planning on the Eco-

city Construction of Lanzhou City Based on GIS[J]. Remote Sensing Technology and Application,2003,(5):301-305. [刘桂禄,冉有华. 基于 GIS 的兰州市生态城市评价与城镇体系建设构想[J]. 遥感技术与应用,2003,(5):301-305. ]

[14] Ma Yiming. The Birth and Development of Compact City. Modern Urban Research,2007,(4):10-16. [马奕鸣. 紧凑城市理论的产生与发展[J]. 现代城市研究,2007,(4):10-16. ]

# Remote Sensing Analysis in Land Use Change and City Spreading Caused by the Stratagem on the Development of South Part in Guangzhou

KE Rui-peng,LI Xia,QIAO Ji-gang,MEI Zhi-xiong

(School of Geographic Science and Planning of Zhongshan University,Guangzhou 510275,China)

**Abstract:** With the implementation of stratagem on the dvelopment of south part in Guangzhou,the economics of Panyu and Nansha Districts are growing fastly,at the same time,the land use was changed tremendously. Several types of land use varied greatly,and the city is quickly spreading. The land use and the city spreading was analyzed based on remote sensing and GIS. Compared with the other places,it shows that the quantitative characteristic or the spacial discrepancy of land use changing is notable. In the end,several advices to preventing the spreading of Guangzhou is put forward.

**Key words:** Land use;City spreading;Remote sensing;Southern Guangzhou' developing stratagem